



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1187969** **A**

(51) **B 24 B 55/02**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3700327/25-08
(22) 09.12.83
(46) 30.10.85. Бюл. № 40
(71) Харьковский филиал Специального конструкторско-технологического бюро по рациональному применению режущего инструмента и Харьковский политехнический институт им. В.И.Ленина
(72) А.И.Гребченко, Е.В.Островерх, В.Ф.Дрожин, В.Л.Доброскок, Д.Э.Белявский, Б.В.Образков и Г.К.Кладов
(53) 621.922.029 (088.8)
(56) Авторское свидетельство СССР № 891399, кл. В 24 В 55/02, 1980.
(54) (57) СПОСОБ ПОДАЧИ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (СОТС) В ЗОНУ РЕЗАНИЯ, при котором СОТС подают на шлифовальный круг, который предварительно охлаждают до температуры ниже температуры ее замерзания, о т л и ч а ю щ и й с я тем, что, с целью повышения надежности подачи, СОТС подают в виде аэрозоли, температуру которой выбирают по формуле

$$T = T_{\text{кон}} + \frac{\frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k} (T_{\text{ср}} - T_{\text{кр}}) e^{-kx_0}}{k \cdot v_k \cdot \cos \beta - \frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k}} \times \left(e^{k(x_0 - \frac{d_k}{2})} - e^{\frac{3\alpha(x_0 - \frac{d_k}{2})}{4C_v \rho d_k v_k \cos \beta}} \right),$$

- где T - температура аэрозоли в момент ее вылета из сопла;
 $T_{\text{кон}}$ - температура капель жидкой составляющей аэрозоли в момент их контакта с поверхностью круга, выбранная в пределах от температуры ее замерзания до температуры допустимого переохлаждения жидкой составляющей аэрозоли;
 α - коэффициент теплоотдачи жидкой составляющей аэрозоли;
 C_v - удельная теплоемкость жидкой составляющей аэрозоли;
 ρ - плотность жидкой составляющей аэрозоли;
 d_k - диаметр капель аэрозоли;
 $T_{\text{ср}}$ - температура окружающей среды;
 $T_{\text{кр}}$ - температура круга;
 v_k - скорость капель аэрозоли;
 β - угол между осью сопла и прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;
 x_0 - расстояние от выходного сечения сопла до поверхности круга в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;
 k - коэффициент, определяемый условиями теплообмена, теплофизическими свойствами и параметрами круга.

СССР **SU** (11) **1187969** **A**

Изобретение относится к шлифованию с применением смазочно-охлаждающих технологических средств.

Целью изобретения является повышение надежности подачи СОТС в зону резания путем образования твердой смазки на поверхности охлажденного шлифовального круга за счет подачи ее в виде аэрозоли с расчетной температурой на выходе сопла.

На фиг. 1 показано устройство для осуществления предлагаемого способа, общий вид; на фиг. 2 - график изменения температуры окружающей среды в прилежащем к поверхности круга слое.

Устройство для осуществления предлагаемого способа содержит шлифовальный круг 1 для обработки детали 2, охлаждаемый, например, жидким азотом, подаваемым через сопло 3. Через сопло 4, расположенное от поверхности круга на расстоянии X_0 в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла, и повернутое относительно этой прямой на угол β , подают смазочно-охлаждающую технологическую среду в виде капель аэрозоли 5.

При шлифовании детали 2 круг 1 охлаждает до температуры ниже температуры замерзания жидкой составляющей аэрозоли. Охлажденный круг воздействует на температуру окружающей среды в прилежащем к его поверхности слое, причем эта температура изменяется по экспоненциальной зависимости и определяется на расстоянии X от поверхности круга уравнением

$$T_{cp(x)} = T_{cp} - (T_{cp} - T_{kp}) e^{-KX},$$

где $T_{cp}(x)$ - температура среды на расстоянии X от поверхности круга в плоскости оси сопла, К;

T_{cp} - температура окружающей среды вне прилежащего к поверхности круга слоя, К;

T_{kp} - температура поверхности круга, К;

K - коэффициент, зависящий от условий теплообмена, теплофизических свойств и параметров круга, определяемый экспериментально или из уравнения

$$K = 2 \sqrt{\frac{\alpha}{c_p R_{kp} \omega}};$$

где α - коэффициент теплоотдачи круг-среда, Вт/м² К;

c_p - объемная теплоемкость среды, Дж/м³К;

R_{kp} - радиус круга, м;

ω - коэффициент температуропроводности среды (для воздуха $\omega = 1,88 \cdot 10^{-5}$ м²/с).

Для случая определения коэффициента теплоотдачи круг-воздух $\alpha = 6,45 V_{kp}^{0,775}$, где V_{kp} - скорость шлифовального круга, м/с.

Заменив изменяющуюся координату X через

$$X = X_0 - (V_k \cos \beta) \tau,$$

где X_0 - расстояние от выходного сечения сопла до поверхности круга, в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

V_k - скорость капли, м/с;

β - угол между осью сопла и прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

τ - время полета капли, с;

подставляем это значение в уравнение температуры среды, получаем

$$T_c = T_{cp(\infty)} - (T_{cp(\infty)} - T_{kp}) e^{-K[X_0 - (V_k \cos \beta) \tau]},$$

где T_c - температура среды в каждый момент (τ) полета капли, значения остальных величин совпадают с приведенными ранее.

При перемещении капли аэрозоли от выхода из сопла до поверхности круга ее температура изменяется, причем условия теплообмена капли и окружающей среды определяются законом Ньютона, т.е. количество тепла равно разности температур поверхности капли и температуры среды, умноженной на коэффициент теплоотдачи и площадь поверхности капли.

Отсюда

$$dT_k = \frac{3\alpha}{4c_p \rho_k} (T_k - T_c) d\tau,$$

где T_k - температура капли, К;

T_c - температура среды в каждый момент полета капли, К;

α - коэффициенты теплоотдачи капли в окружающую среду, Дж/м² К;

C_v - удельная теплоемкость капли, Дж/кг К;

ρ - плотность капли, кг/м³;

d_k - диаметр капли, м.

Подставив в это уравнение выведенное ранее значение T_c , получаем дифференциальное уравнение

$$dT_k = \frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k} [T_k - T_{cp} - (T_{cp} - T_{kp}) \times e^{-k[x_0 - (V_k \cos \beta) \tau]}] d\tau$$

решение которого дает формулу

$$T = T_{кон} + \frac{\frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k} (T_{cp} - T_{kp}) e^{-kx_0}}{KV_k \cos \beta - \frac{3\alpha}{4C_v \rho d_k}}$$

$$\times \left(e^{k(x_0 - \frac{d_k}{2})} - e^{\frac{3\alpha(x_0 - \frac{d_k}{2})}{4C_v \rho d_k V_k \cos \beta}} \right),$$

где T - температура аэрозоли в момент ее выхода из сопла, К;

$T_{кон}$ - температура капель жидкой составляющей аэрозоли в момент их контакта с поверхностью круга, К;

α - коэффициент теплоотдачи жидкой составляющей аэрозоли в окружающую среду (для капель воды в воздухе $\alpha = 35900$ Дж/м² К);

C_v - удельная теплоемкость жидкой составляющей аэрозоли (для воды $C_v = 4180$ Дж/кг К);

ρ - плотность жидкой составляющей аэрозоли (для воды $\rho = 1000$ кг/м³);

T_{cp} - температура среды, К;

T_{kp} - температура круга, К;

V_k - скорость капель аэрозоли, м/с;

β - угол между осью сопла и прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

x_0 - расстояние от выхода сопла до поверхности круга в плоскости прямой, соединяющей центры круга и выходного сечения сопла;

K - коэффициент, зависящий от условий теплообмена, теплофизических свойств и параметров круга, м⁻¹.

Предлагаемый способ шлифования осуществляется при условиях, когда температура круга ниже температуры окружающей среды, а температура капель жидкой составляющей аэрозоли в момент контакта с кругом выбрана в пределах от температуры замерзания жидкой составляющей аэрозоли до температуры ее допустимого переохлаждения (например, для воды в пределах 273-269 К).

Подстановка этих значений температуры круга и температуры контакта в полученное уравнение позволяет определить температуру выхода аэрозоли из сопла, при котором технологическая охлаждающая среда подается на поверхность круга в виде инея. Капли подаваемой при такой температуре аэрозоли охлаждаются при полете от сопла к поверхности круга до температуры переохлажденной жидкости и при контакте с кругом, температура которого ниже температуры замерзания жидкой составляющей аэрозоли, образуются на этой поверхности кристаллики изморози, покрывающие рабочую поверхность круга слоем инея.

Если температура аэрозоли выше предлагаемой, ее капли не замерзают в момент контакта, и технологическая среда на поверхности круга в виде льда. При более низкой, чем предлагаемая температуре аэрозоли ее капли замерзают до момента контакта с поверхностью круга и образуют частицы града, отскакивающего от этой поверхности.

Пример. Возможность использования предлагаемого способа проверялась на экспериментальной установке.

В качестве шлифовального круга использовался алмазный круг АПП 250 × 25 × 5 × 75 АСВ 200/160 100%, имеющий предварительно сформированную прерывистую рабочую поверхность, состоящую из чередующихся выступов и впадин в продольном направлении (длина выступов 6 мм, длина впадин 4 мм). Глубина прерывистого продольного профиля составляла 0,5 мм; скорость круга $V_{кр} = 30$ м/с; скорость вращения детали 8 м/мин.

Температура аэрозоли в момент ее вылета из сопла (T) экспериментально определялась кабельной термопарой типа "Хромель-Алюмель" с диаметром головки горячего спая 0,03-0,05 мм.

Конструкция термопары представляла собой трубку диаметром 0,2 мм, изготовленную из нержавеющей стали, в торец которой изнутри приварена головка термопары, а в пространство между станками и проводами засыпан порошкообразный изоляционный материал.

Измерительная часть термопары устанавливалась на выходе из сопла по его оси.

Градировка термопары осуществлялась по эталонной платино-платинородиевой термопаре в трубчатой печи для интервала температур 10-50°C. "Холодные" концы термостатировались при 0°C в сосуде Дюара со льдом. Регистрация температуры производилась потенциометром постоянного тока ПП-63 по общепринятой методике.

Диаметр капли аэрозоли (d_k) определялся методом измерения размеров капель с помощью микроскопа ММР 4 на образцах, получаемых при кратковременном введении металлической пластины в струю аэрозоли. Расстояние от выхода сопла до места взятия образцов капель соответствовало расстоянию до поверхности круга (X_0). Предварительно металлическая пластинка охлаждалась до температуры круга ($T_{кр}$).

Температура окружающей среды ($T_{ср}$) определялась при помощи набора ртутных термометров ТР 1.

Температура поверхности круга ($T_{кр}$) определялась с помощью искусственной медь-константановой термопары, зачеканенной вблизи поверхности круга. Определение температуры $T_{кр}$ осуществлялось потенциометром ПП-63 по известной методике. Тарировка термопары производилась по эталонной термопаре. Эталонная и измерительная термопары зачеканивались в образцы из аналогичного алмазосодержащего материала и охлаждались в сосуде Дюара. В процессе тарировки охлаждение осуществлялось в среде жидкого азота, "сухого" льда и льда.

Скорость капель аэрозоли (V_k) измерялась с помощью дифференциальной трубки Пито (полусферическая головка наконечника диаметром 1 мм). При измерении полное давление потока передается через отверстие на лобовом конце наконечника трубки, статическое - через узкую прорезистую щель на поверхности стенки. По каналам в теле цилиндрического наконечника и в державке трубки давления передаются к микроманометру, измеряющему динамическую составляющую полного давления ($P_n - P_c$). Скорость капель определялась по формуле

$$V_k = \xi \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_n - P_c)};$$

- где ξ - поправочный коэффициент ($\xi = 0,89$);
 ρ - плотность жидкой составляющей аэрозоли;
 P_n - полное давление потока аэрозоли;
 P_c - статическое давление потока аэрозоли.

Скорость капель аэрозоли регулировалась путем изменения давления воздуха на входе сопла для распыления аэрозоли и в процессе работы соответствовала 5-25 м/с.

Коэффициент K , зависящий от условий теплообмена, теплофизических свойств и параметров круга, определялся экспериментально путем измерения температуры на различных расстояниях от поверхности круга.

Измерение температуры производилось медь-константановой термопарой (диаметр головки 0,05 мм), перемещавшейся микрометрическим устройством с точностью 0,01 мм. Температура измерялась в 10 точках по нормали к поверхности круга с шагом 0,5 мм. Полученные данные математически обрабатывались методом наименьших квадратов, где коэффициентом в уравнении корреляции являлся K . Для условий проведения испытаний значение K составляло 338 м⁻¹.

В процессе работы охлаждение круга осуществлялось подачей паров кипящего азота с температурой 77 К по трубопроводу из резервуара через специальное сопло. Регулирование количества подаваемых паров азота к кругу, определяющее интенсивность

его охлаждения, осуществлялось управлением избыточным давлением паров кипящего азота при помощи опущенного в резервуар с азотом регулируемого нагревателя.

Первоначально осуществлялось охлаждение корпуса круга до температуры 210–230 К.

В дальнейшем поддержание требуемой температуры круга с учетом тепловыделения в зоне шлифования и теплоотдачи в окружающую среду осуществлялось подачей паров кипящего азота с производительностью 0,1–0,3 л/с.

Определение возможностей предлагаемого способа осуществлялось с использованием в качестве аэрозоли капель воды. Значения величин, постоянных в процессе эксперимента, приведены в табл. 1.

При определении возможностей способа производилось изменение значений факторов, влияющих на процесс кристаллизации аэрозоли с фиксацией ее состояния на поверхности круга.

Дополнительно определялась расчетная температура на выходе из сопла. Значения факторов расчетной температуры на выходе из сопла и характеристика состояния отвердевшей аэрозоли на поверхности круга приведены в табл. 2. Анализ результатов экспериментов свидетельствует о том, что отличие температуры аэрозоли на выходе из сопла от расчетной приводит либо к образованию на поверхности круга вместо инея ледяной корки, либо

к отскакиванию преждевременно замерзших капель аэрозоли от поверхности круга.

- 5 Предлагаемый способ может быть использован при шлифовании прерывистыми абразивными кругами. Кристаллики изморози покрывают поверхность как выступов, так и впадин прерывистых
- 10 кругов, однако они не создают такой плотной субстанции как монолитный лед, что исключает возникновение биений и вибраций. В зоне контакта выступов круга с обрабатываемой деталью иней частично тает, а частично ссыпается с поверхности выступов, не препятствуя процессу шлифования. Таяние изморози в зоне шлифования обеспечивает жидкую смазку, а также эффективное снижение теплопроводности процесса шлифования. Снижение теплонапряженности прерывистого шлифования обеспечивается также накоплением инея во впадинах рабочей поверхности круга и его таянием в этих впадинах.

25 Предлагаемый способ может быть использован при шлифовании мелкозернистыми кругами, так как кристаллы изморози не препятствуют процессу шлифования и не создают сплошной корки.

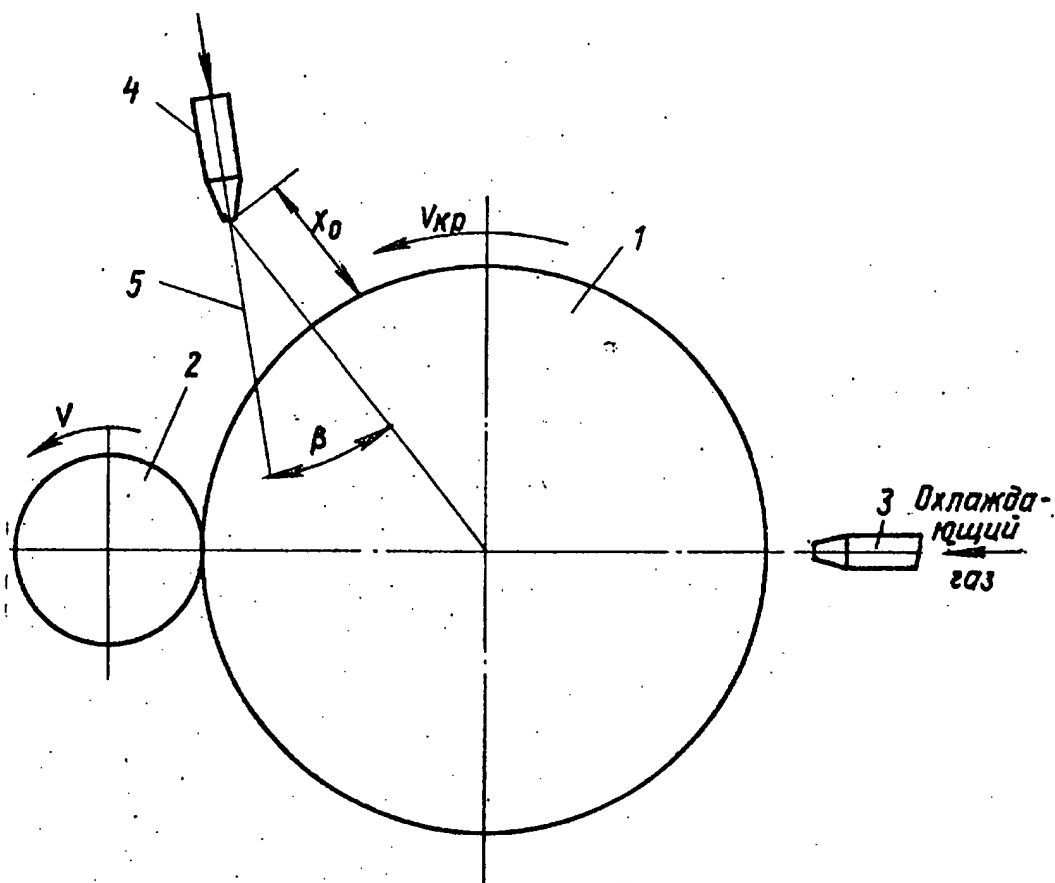
- 30 Осаждение технологической охлаждаемой среды на шлифовальный круг в виде инея обеспечивает поддержание комфортной экологической обстановки при шлифовании, исключая разбрызгивание смазки, неизбежное при подаче жидкой СОЖ, и разлет скалываемых с круга осколков льда, возникающих при намораживании на круг монолитного льда.

Т а б л и ц а 1

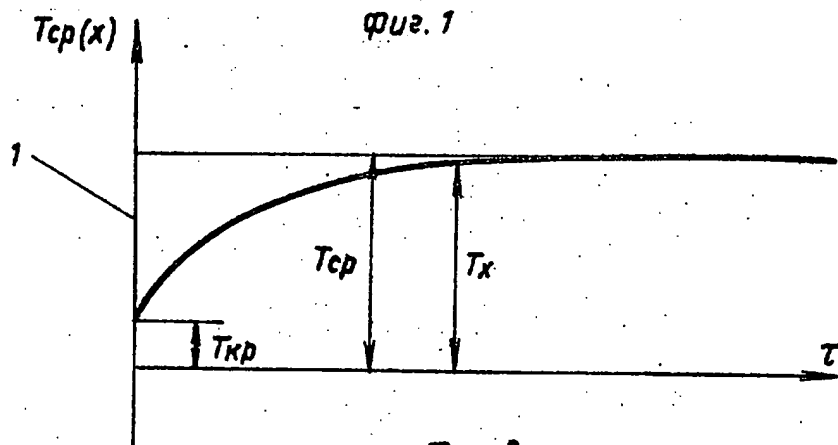
Наименование коэффициента	Обозначение	Равномерность	Значение
Коэффициент теплоотдачи "аэрозоль-воздух"	α	Вт/м ² К	35900
Коэффициент удельной теплоемкости капель воды	C_v	Дж/кг К	4180
Плотность капель воды	ρ	кг/м ³	920
Коэффициент, учитывающий условия теплообмена, теплофизические свойства и геометрические параметры круга	K	м ⁻¹	338
Требуемая температура капель аэрозоли	T_k	К	269–273

Т а б л и ц а 2

Расстояние сопла до поверхности круга X_0 , м	Диаметр капли d_k , м $\cdot 10^{-6}$	Температура окружающей среды, T_{cp} , К	Температура круга, T_{cp} , К	Скорость капли, V_k , м/с	Угол наклона сопла к по- верхности круга β , град	Температура аэрозоля на выходе из сопла T, K		Характеристика осажденной на круг аэрозоли
						Фактическая	Расчетная	
0,04	15	295	233	10	15	294	283-279	Ледяная корка
0,02	10	295	233	10	15	294	290-286	Ледяная корка
0,035	20	295	223	5	0	290	292-288	Иней
0,02	5	295	223	25	45	292	295-291	Иней
0,04	5	295	243	20	45	293	294-290	Иней
0,05	10	295	243	20	0	294	279-275	Ледяная корка
0,05	5	295	253	10	0	293	298-302	Отсутствие замерз- шей аэрозоли
0,05	5	295	223	15	0	294	300-276	Отсутствие замерз- шей аэрозоли
0,04	20	295	223	10	0	295	280-276	Ледяная корка
0,03	15	295	223	5	30	297	307-303	Отсутствие замерз- шей аэрозоли
0,03	15	295	233	10	0	295	223-276	Ледяная корка
0,03	10	295	233	10	45	296	298-294	Иней
0,02	20	295	233	10	0	292	280-276	Ледяная корка



Фиг. 1



Фиг. 2

Редактор Н. Швыдкая Составитель Р. Курмаева
 Техред А. Кикемезей Корректор А. Зимоков

Заказ 6636/12

Тираж 768

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР
 по делам изобретений и открытий
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Филиал ППП "Патент", г. Ужгород, ул. Проектная, 4

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox